

Hacia un nuevo paradigma en Conservación de Suelos: El Ordenamiento Territorial

DR. JOSÉ MANUEL CISNEROS

**Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria
Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FECIC)
Premio Bienal «Ing. Agr. Antonio Prego» 2014**

Idea central

El eje de esta presentación es someter a análisis el sistema de producción predominante en gran parte de la región agrícola argentina, como base para proponer un cambio de paradigma, que mute la visión del suelo como un insumo de la denominada Revolución Verde, a la del suelo como un recurso e insumo del Ordenamiento del Territorio. Dentro de esta idea general, se propone además incorporar y ampliar los alcances del arraigado concepto de la Conservación de Suelos dentro de los nuevos paradigmas de Desarrollo Sustentable como meta, y del Ordenamiento Territorial como uno de los medios para alcanzarlo.

Nuevos conceptos asociados al de Conservación de Suelos

Dentro de la compleja relación sociedad-naturaleza, el sector agropecuario debe cumplir múltiples funciones, no sólo de producción primaria sino también de mantenimiento y mejora de la base de recursos naturales de una región y de un país. La región pampeana argentina viene sufriendo una intensificación del uso de los suelos basada en criterios económicos, que es necesario compatibilizar con los intereses ambientales y sociales para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

La generación y adopción de políticas agropecuarias y forestales sustentables es una necesidad sentida en el mundo y particularmente en la Argentina, cuyo sector presenta un marcado dinamismo en la actualidad, con visiones encontradas sobre las ventajas y limitaciones del actual modelo agropecuario (Manuel-Navarrete et al., 2005). El actual modelo de agriculturización que opera en gran parte de la región pampeana y extrapampeana lleva implícitos impactos sobre el ambiente sobre los cuales existe preocupación en los ámbitos políticos y académicos, que serán discutidos luego.

Si bien la conservación del suelo es una idea enraizada desde hace milenios en los pueblos originarios, en la sociedad actual es retomado con fuerza a partir de la década del 30 del siglo pasado, dando origen al desarrollo de tecnologías de procesos como la rotación adecuada, la sistematización, los sistemas agrosilvopastoriles, entre otros.

Los actuales desafíos que impone dar respuestas a los graves problemas ambientales hacen necesario incorporar nuevos conceptos y paradigmas que integren el concepto de conservación de suelos al de ordenamiento del territorio, desde una perspectiva sistémica. La agricultura en los países desarrollados es concebida hoy en su dimensión multifuncional (Geneletti, 2007; Rossing et al., 2007), lo cual implica una visión no solamente basada en la producción de bienes de mercado, sino también en bienes públicos vinculados a la calidad del ambiente y al desarrollo social. El análisis de la agricultura en su dimensión estructural para diferentes escalas (lote, ecosistema, cuenca) permite valorar la producción de bienes, y en su dimensión funcional la de servicios ecosistémicos, como el abastecimiento de agua, la asimilación de residuos, la productividad del suelo, el mantenimiento de la biodiversidad y otros (Lomas et al., 2005).

Un ejemplo de la evolución del concepto reduccionista de suelo al de recursos naturales, ya fue adoptada como visión por el USDA desde mediados de los 90, con la creación del National Resource Conservation Service, el antiguo Soil Conservation Service. Este cambio implicó la consideración del sistema territorial como integrado, no solo por los suelos, sino por los otros componentes del

ecosistema: flora, fauna, aguas, cuencas, humedales, etc., con su estructura y funcionamiento.

El sistema territorial es entonces una construcción social en la que interactúan sistemas naturales, intervenidos, áreas urbanas, cuencas y red de drenaje, infraestructuras y conflictos derivados del uso del suelo. En el actual contexto de excesos hídricos de la región pampeana, la existencia de conflictos se da en todas las escalas: entre predios, entre cuencas rurales y áreas urbanas, entre cuencas rurales e infraestructura vial, entre áreas urbanas vecinas y hasta entre provincias vecinas. Todo lo cual hace necesarias políticas públicas que actúen, no sólo sobre la emergencia, sino con planes de Ordenamiento del Territorio de largo plazo, dotados del adecuado marco jurídico, organización institucional y financiamiento público y privado que permitan reducir la vulnerabilidad de los territorios frente a los riesgos.

Otro avance conceptual importante es la consideración de la cuenca hidrográfica como unidad de gestión y manejo del territorio, que intenta integrarse a las escalas de predio o lote en la organización y planificación de las acciones. Esta visión implica considerar tanto la tierra en uso privado, como la tierra pública, como una unidad integrada de funcionamiento. Esta visión fragmentada del territorio aún persiste en la organización de los organismos del Estado que intervienen en la gestión: Agricultura, Vialidad, Hidráulica, Ambiente funcionan frecuentemente como entes separados, con poco nivel de articulación. El concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) da cuenta de este cambio de paradigma.

Del paradigma de la Revolución Verde, fuertemente enraizado en el modelo productivo argentino, debería evolucionarse hacia el de Desarrollo Sustentable, donde no sólo cuenta el aumento de la producción, sino la calidad ambiental y el desarrollo social en su conjunto. Esto implica además un cambio de escala de percepción: mientras la Revolución Verde centra su análisis a escala de predio o lote, centrada en tecnología de insumos y con una visión de corto plazo, la de Desarrollo Sustentable lo hace a escala de sistema

territorial, región o cuenca hidrográfica, y es más cercana al concepto de multifuncionalidad, con una visión de procesos de largo plazo.

En síntesis se pretende integrar al suelo como parte de un sistema territorial organizado en cuencas, como proveedor de bienes, pero también de servicios ambientales dentro de los cuales está su conservación, con una visión futura deseable de un territorio ordenado como medio para lograr el desarrollo sustentable.

La dinámica de los sistemas productivos

Los cambios operados en Argentina en los últimos 30 años en los sistemas naturales en general y en los agroecosistemas en particular, han impactado de manera diversa, y a diferentes escalas sobre la productividad y estabilidad de las tierras y su capacidad de proveer bienes y servicios en forma sostenida. Algunos de esos cambios se reflejan en:

- 10 millones de ha de incremento de la superficie agrícola.
- 30 a 120 millones de toneladas de granos global.
- Relación soja maíz entre 3:1 a más de 15:1, según regiones.
- Más de 150 millones de litros de glifosato por año.
- Más de 3 millones de toneladas de fertilizantes.
- 50 a 70 % de la superficie agrícola bajo arrendamiento.
- Aumento generalizado de promedios e intensidad de precipitaciones.
- Aumento de frecuencia e intensidad de inundaciones y anegamientos.

La expansión agrícola se ha dado sobre ecosistemas como el bosque chaqueño, el espinal pampeano, el área medanosa, caracterizados por una alta fragilidad, inestabilidad y heterogeneidad. Fragilidad en sentido ecológico, entendida como baja resistencia a los cambios y baja resiliencia para la recuperación; inestabilidad, en especial climática, con mayor incertidumbre sobre períodos alternantes de

años secos y húmedos y heterogeneidad en cuanto a la existencia patrones ambientales contrastantes en poca superficie.

El modelo productivo adoptado masivamente se caracteriza por una simplificación de la rotación de cultivos, un cultivo anual predominante (soja), adopción masiva de la siembra directa asociada al control de malezas con glifosato, un aumento en la escala de la maquinaria y la presencia del régimen de contrato anual. El modelo ha sido adoptado en los más diversos ambientes desde el Chaco salteño hasta el sureste bonaerense, y no ha sido adaptado, tomado en cuenta las características estructurales (heterogeneidad) y funcionales (vulnerabilidad) de los ecosistemas.

Las consecuencias han comenzado a manifestarse en forma de superficies erosionadas (50 a 100 millones de ha con algún tipo de deterioro, Casas, 2015), aumento de niveles freáticos (Bertram y Chiachera, 2011; Cisneros et al., 2013), deterioro de la capacidad productiva de los suelos (Casas, 2006) y cambios en la racionalidad productiva, hacia una visión de corto plazo, basada en la rentabilidad, como principal criterio en la toma de decisiones.

Muy simplificadamente, podemos considerar a la producción agropecuaria global (PAG) como una función de superficie cultivada (SC), clima (CL), tecnología (TE) y calidad de los suelos (CS), según:

$$PAG = f(SC, CL, TE, CS)$$

Se hipotetiza por lo tanto que los aumentos en la producción global ocurridos en el período se deben a una combinación de mayor superficie agrícola, mejora en la condición climática y en los aportes hídricos de las napas, mayor utilización de insumos (siembra directa, control de malezas, fertilización, mejora genética) y... ¿la calidad de los suelos? En este sentido no hay una visión compartida en el sistema científico-tecnológico sobre cómo ha sido la evolución de las condiciones intrínsecas de los suelos que definen su productividad, o en un término utilizado en la actualidad, *calidad del suelo*. La

percepción en algunos ámbitos técnicos es que los suelos mejoraron su calidad, mientras que otros (entre los que me incluyo) consideran que los cambios han degradado la condición de los suelos, en especial sus aspectos físicos, químicos y biológicos, y en su vulnerabilidad frente a agentes climáticos. Numerosas publicaciones técnicas y de divulgación dan cuenta de este estado de percepción sobre la problemática (se sugiere especialmente la realizada por Casas y Albarracín, 2015). En este aspecto sería un error la generalización, en razón de las muy diferentes condiciones ambientales de suelo y clima, sobre efectos de los cambios en los sistemas productivos sobre los suelos: es probable que en algunos de ellos la productividad se haya mantenido o mejorado, y en otros se haya deteriorado a diferente ritmo.

Una visión desde un territorio pampeano

La síntesis discutida en este apartado surge de un equipo con más de 30 años de trabajo en el área de influencia de la Universidad Nacional de Río Cuarto, generado y liderado por dos destacados profesores, que influyeron decisivamente en mi formación técnica y humana: Alberto Cantero Gutiérrez y Antonio Piñeiro. Abarca alrededor de 6 millones de ha, caracterizadas por ambientes templados subhúmedos con estación seca y geomorfológicamente muy diversos: sierras, llanuras onduladas, llanuras medanosas y depresiones inundables (Cantero et al., 1998). Tiene como propósitos aportar una mirada desde la experiencia en enseñanza, investigación y desarrollo tecnológico en la mayor parte de los ecosistemas que conforman dicho territorio, y poner en la agenda de los decisores problemas que emergen luego de más de 20 años de adopción del actual modelo productivo.

Cuatro características básicas definen el contexto ambiental de este territorio: potencialidad, fragilidad, inestabilidad y heterogeneidad. Potencialidad vista desde el punto de vista de las características de sus climas templados y benignos, sujetos hoy a un ciclo húmedo, suelos profundos y sin restricciones, aguas superficiales y subterráneas de

baja salinidad y altura y vegetación muy rica en especies, por la variedad de ambientes desde sierras a depresiones. No obstante, por su carácter transicional desde lo húmedo a lo semiárido, por condiciones de pendiente o de suelos muy sueltos, son ambientes frágiles e inestables, susceptibles a erosión hídrica y eólica, anegamiento e inundación, según las zonas, y torrencialidad en las cuencas serranas. Son inestables desde el punto de vista climático, ya que si bien estamos en un ciclo húmedo, la historia muestra que son más frecuentes los períodos secos. Por último, la heterogeneidad hace referencia a diferencias ambientales perceptibles a diferentes escalas, y frecuentemente asociadas hidrológicamente. Esquemáticamente en la Figura 1 se muestra la asociación ambiental característica del centro-sur de Córdoba.

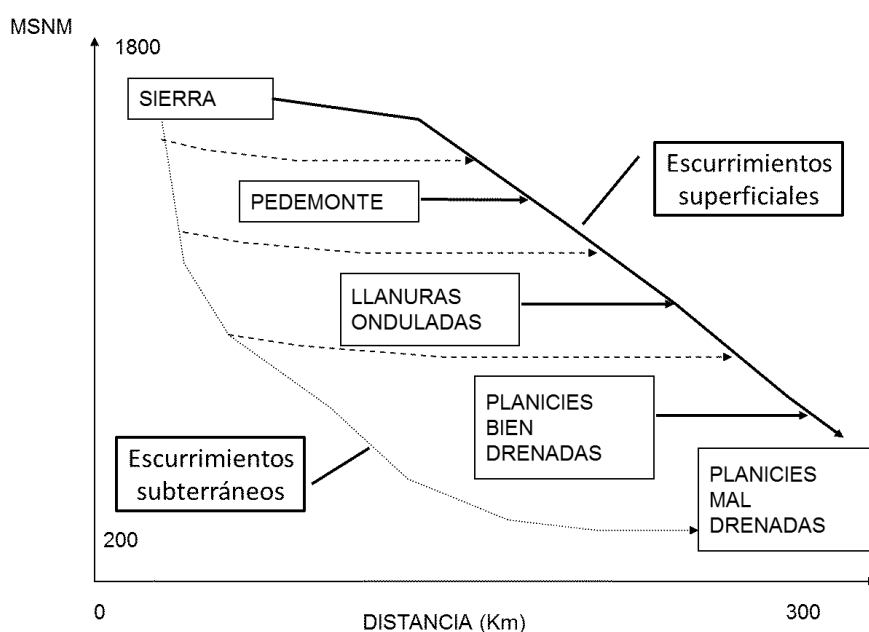


Figura 1. Esquema de la estructura del centro-sur de Córdoba, con sus principales unidades ambientales vinculadas por flujos superficiales y subterráneos

Diversos son los desafíos que enfrentamos en las políticas de ordenamiento territorial. A continuación se sintetizan, los que, a nuestro criterio, deberían guiar la agenda futura:

Disminución de la calidad de los suelos. Entendemos la degradación del suelo como un proceso paulatino y reversible de pérdida de sus funciones esenciales: espacio físico, regulación y aprovechamiento hídrico, provisión de nutrientes y estabilidad frente a agentes erosivos. La degradación física, producto de muchos años de tránsito con equipos cada vez más pesados, ha provocado una pérdida de infiltración y de capacidad de enraizamiento, que implica mayor vulnerabilidad a sequía, cambios en la relación infiltración/escurrimiento, y mayores pérdidas de agua por percolación profunda, por menor volumen enraizable. La degradación química, por pérdida de nutrientes disponibles y acidificación, reduce la capacidad productiva y hace más dependiente de los fertilizantes al sistema productivo. La pérdida de materia orgánica ha sido ampliamente estudiada: muestra balances negativos y estados de equilibrio con menores valores absolutos de este importante factor de estabilización y calidad biológica de un suelo. Estudios recientes en la región medanosa cordobesa indican que tanto los valores de materia orgánica como de P disponible, para los 10 cm superficiales de suelos bajo uso agrícola y mixto, están en la mitad de los valores originales (Bozzer et al., 2017). La aparición de signos de acidificación de los suelos de la región es otro proceso probablemente asociado a desbalance de bases intercambiables, producto de la intensificación agrícola (Pezzini y Cisneros, 2010).

Erosión. En todas sus formas, se han incrementado al doble en el país, según una reciente compilación (Casas, 2015). En Córdoba el fenómeno ha adquirido una dinámica excepcional (Cisneros et al., 2015). Un aspecto central en este aspecto es el daño por erosión de gran parte de la red de caminos de tierra, convertidos en las actuales vías de desagüe de las cuencas. El cambio de uso hacia sistemas agrícolas en las áreas semiáridas, con suelos arenosos, ha incrementado la vulnerabilidad ambiental a voladura, a pesar del uso de siembra directa. Este fenómeno se asocia además a la presencia del cultivo de maní que, por sus características, determina ciclos de alta susceptibilidad a erosión por viento. La erosión en laderas ha tomado nuevas formas, luego de la adopción de la siembra directa, y se

expresa en pérdida masiva de los primeros 5 a 7 cm de suelo, hasta donde se encuentra el horizonte compactado y más resistente a erosión. La erosión de fondo y márgenes de cursos permanentes es otro fenómeno que se ha intensificado. Si bien se da en forma episódica, de acuerdo al caudal de los cursos, la deforestación de las márgenes y la siembra casi hasta el propio borde del cauce, acelera la formación y corrimiento de meandros, afectando frecuentemente a poblaciones y rutas. Los suelos, en especial de las planicies medanosas, han incrementado su vulnerabilidad a erosión eólica, como producto del cambio de uso, la migración del cultivo de maní y el predominio de soja en la rotación y la recurrencia de ciclos secos.

Desestabilización hidrológica de cuencas. Asociada al ciclo climático y a los cambios en el uso del suelo, aparecen fenómenos a escala de cuenca, tanto en las que presentan red de drenaje definida, como en aquellas de tipo arreicas, asociados a mayores caudales pico, formación de nuevos cauces, menores tiempos de concentración y deterioro geomórfico de las redes de drenaje. Esto provoca una mayor frecuencia de inundaciones por desbordes de ríos y canales, pérdida de capacidad de embalse (ejemplos de ello lo vemos en diques de llanura, como el del Tigre Muerto y El Chañar en Córdoba). La desaparición y colmatación de humedales por efectos de la canalización reduce las posibilidades de regulación natural de las crecientes. Este fenómeno se ha intensificado en la región de la cuenca de los arroyos menores Chaján, Ají y en cuencas que naturalmente no cuentan con una red de drenaje.

Conflictos urbano-rurales. Asociado a los fenómenos de excesos hídricos, los efectos sobre la población urbana son en extremo delicados y requieren tratamiento prioritario en la agenda de la obra pública. Los casos de cuencas rurales que afectan a poblaciones han hecho crisis durante los últimos años. Ejemplos como Idiazábal, Pincen, Italó, Corral de Bustos, Isla Verde, Marcos Juárez, Laboulaye por citar sólo algunos casos en la región, son indicadores que hacen necesaria una planificación territorial que tome en cuenta la dimensión de cuencas, comenzando con aquellas que ponen en riesgo los cascos urbanos.

Cambios culturales. Profundos cambios culturales, asociados al modelo de agronegocio de corto plazo, influyen en la percepción de los productores, sobre la visión de largo plazo en la gestión de sus propiedades. El tamaño de los predios, el régimen de alquiler anual, la presencia de grandes contratistas, la volatilidad en el precio de los alquileres, la pérdida de infraestructura ganadera de los campos, y el despoblamiento rural, son signos de estos cambios de percepción sobre el deterioro de las tierras, y de su capacidad de decisión sobre cómo resolverlo. Las problemáticas que mayor atención suscitan en los decisores rurales se centran, casi exclusivamente, en cuestiones de corto plazo: precios, clima, nuevas tecnologías de insumos, malezas, innovaciones en maquinaria, quedando desplazados temas que hacen a la visión de largo plazo como las tecnologías de proceso, el control de variables de suelo, rotaciones o conservación. La percepción de la siembra directa, como una tecnología que permitía realizar agricultura casi en cualquier ambiente, promovió el avance de la agricultura hacia suelos sin aptitud agrícola, generó una visión reduccionista de la funcionalidad de los suelos a nivel de los técnicos y está generando severos problemas de deterioro físico de los suelos, en especial aquellos de matrices texturales rígidas.

Dificultades en la gestión estatal. Los estados, en todos sus niveles, pero en especial a nivel provincial, presentan dificultades para la planificación, con una visión futura, de un territorio ordenado. Si bien se ha avanzado en el dictado de leyes y decretos para la protección ambiental y el uso sustentable de los suelos, los avances en la implementación efectiva presentan serias limitaciones en capacidades institucionales, carencia de planes y proyectos en escalas adecuadas, y con el suficiente consenso, baja capacidad de fiscalización, además de las dificultades financieras del Estado, que debe hacer frente, además, a problemas más acuciantes de orden social. La falta de coordinación al interior de los organismos del Estado es otra limitante que ya fue comentada. Actualmente la provincia de Córdoba está dando un importante apoyo a la formación de Consorcios de Conservación de Suelos y ha implementado un

programa de Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA), con promisorios resultados.

Limitaciones del sistema académico-científico. Este componente, tanto de gestión pública estatal como privada, no ha incorporado en medida suficiente la agenda de temas ambientales en la currícula y en la investigación. La formación de grado frecuentemente adopta una visión sesgada hacia las tecnologías de insumo, fuertemente instalada en el sistema de formación posuniversitaria, guiada por intereses asociados a grandes empresas proveedoras de dichos insumos, que, además, son una de las principales fuentes laborales de los ingenieros agrónomos. Es muy evidente la falta de profesionales especializados en conservación de suelos, asociado a una falta de demanda de este campo laboral por parte de los productores. Es imperiosa la reorientación de planes de estudio de grado y posgrado que tomen la problemática ambiental como eje, y estructuras más potentes de comunicación y sensibilización sobre la problemática de la degradación ambiental. Se requiere además mayores inversiones en el sistema científico, que orienten las investigaciones y el desarrollo de tecnologías adaptadas y adoptables, que apoyen los planes de ordenamiento territorial.

Una visión sobre el problema de los excesos hídricos

El abordaje de la coyuntura actual, caracterizada por un ciclo inusualmente húmedo, reconoce diferentes escalas y complejidades. En las escalas espaciales, la de mayor jerarquía es la escala global que explica los fenómenos del cambio climático; una escala regional, donde se visualizan ciclos más o menos largos de permanencia del fenómeno y los condicionantes geomorfológicos; escalas asociadas a cuencas de diferente tipología, que consideran las particularidades en la hidrología superficial y subterránea, y una escala predial o de lote, que incluye el detalle de los usos y manejos particulares definidos por la coyuntura. Las escalas de tiempo asumen características asociadas a estas escalas espaciales: desde ciclos climáticos, pasando por ciclos de

un cultivo a escala y recurrencia de eventos puntuales de lluvias intensas.

En términos hidrológicos es necesario diferenciar los fenómenos asociados a excesos hídricos frecuentemente usados como sinónimos, aunque no lo son. Se discuten sintéticamente a continuación algunos conceptos básicos para entender la dinámica del agua y las sales en el suelo.

Inundación: Fenómeno asociado a desbordes de cauces o canales, que provocan excesos de agua repentinos en zonas de derrames. Están asociados a cuencas abiertas, con vías de drenaje definidas, ya sean naturales o artificiales. Coexisten sectores altos emisores de escorrentía, sectores medios de transporte y sectores bajos de acumulación. Pueden dar lugar a sedimentación y contaminación de las zonas inundadas, según la carga del escurrimiento. La mayor parte de los ríos pampeanos causan este tipo de fenómeno, frente a eventos de lluvia extremos. El ordenamiento agrohidrológico de las cuencas altas y medias, con estrategias de conservación, retención y regulación del agua son esenciales.

Anegamiento: Fenómeno de saturación del suelo por elevación del nivel freático en o sobre la superficie, como producto de un exceso de recarga local del acuífero. Es un proceso asociado a cuencas cerradas, de relieves planos, donde el escurrimiento local se concentra en una depresión o laguna. Puede estar asociado, además, a una recarga subterránea de tipo regional (lejana), aunque de menor significación. Su causa principal es un balance hídrico positivo, es decir donde la lluvia (más la escorrentía ingresante) superan a la evapotranspiración local. Las causas climáticas y las vinculadas al cambio en el uso del suelo serán discutidas por otros participantes de esta mesa. El ordenamiento, en este caso, debe hacer énfasis en controlar la interconexión entre cuencas y en maximizar la evapotranspiración del suelo.

Encharcamiento: En este caso el suelo sufre una saturación temporaria y superficial por efecto de problemas de infiltración profunda, asociada a lluvias intensas y suelos compactados o de

texturas finas, con muy baja pendiente. A este fenómeno se lo conoce como de «napa colgada», ya que no se trata de una verdadera napa, sino de agua suspendida temporariamente. No obstante su ocurrencia puede ocasionar daños en cultivos sensibles a la anoxia, o impedir las operaciones de cosecha. Su manejo está orientado a mejorar las condiciones físicas de la porción superficial o subsuperficial del suelo para aumentar las tasas de infiltración.

Profundidad crítica de la napa y franja capilar: El nivel freático, o altura del agua libre en equilibrio con la presión atmosférica, determina un fenómeno de movimiento ascendente del agua conocido como ascenso capilar, y la franja en donde este fenómeno ocurre se denomina franja capilar. La textura y la distribución del tamaño de los poros del suelo determinan el espesor de dicha franja, la que puede variar entre 80 y 150 cm, según los suelos. Su consideración es muy importante ya que determina que el agua de la napa llegue a la superficie del suelo y pueda provocar su salinización. A esta profundidad real de la napa se la conoce como nivel crítico. Toda situación de suelo cuya napa se encuentre por encima de este nivel, entra en riesgo de salinización, la cual será tanto más intensa, cuanto mayor contenido salino tenga la napa. El nivel crítico puede reconocerse fácilmente en el campo, cuando se recorre una toposecuencia y visualmente comienzan a percibirse manchas de sal en superficie. La vegetación halófila es otro indicador natural de la presencia de la napa a profundidad crítica.

Otra altura de napa que puede considerarse crítica es aquella en la que el suelo pierde su capacidad de soportar el peso y el tránsito de las maquinarias, conocida como «falta de piso». De acuerdo a la condición del suelo y subsuelo, esta profundidad ronda los 40 cm, y es bien conocida por los operarios de cosechadoras, cuando perciben que éstas tienden a enterrarse. La ocurrencia repentina de este fenómeno de ascenso de napa a esa profundidad es causante de gran parte de las pérdidas de cosecha asociadas al anegamiento.

Napas y cultivos. Como en todo ciclo húmedo, es obvio decirlo, los efectos sobre la producción agropecuaria en general son positivos,

como lo muestran los datos de producción global del país. En este sentido la elevación de los niveles freáticos han incrementado la disponibilidad hídrica de los cultivos en una importante superficie de tierras, en las cuales la napa oscila entre 1,5 y 2,5 m, considerada una profundidad ideal, para la mayor parte de los cultivos agrícolas. Diferenciales de producción en suelos con el llamado «efecto napa» pueden alcanzar 6 tn de grano en maní, entre 4 y 5 tn en soja, 7 tn en maíz y 2 tn en girasol, respecto a situaciones con napa por debajo de 3 m. No obstante el otro factor que define esta disponibilidad es el contenido salino de la napa, el cual puede constituir un aporte con valores de conductividad eléctrica del orden de 5 dS/m.

Excesos hídricos y cambios en el uso del suelo. Son muy fuertes las hipótesis que vinculan la elevación de napas con el cambio de uso del suelo (Bertram y Chiachera, 2014; Nosetto et al., 2015; Mercau et al., 2016); no obstante, aún no se cuenta con modelos explicativos suficientemente sólidos como para describir adecuadamente la evidencia empírica. Resta aún determinar con mayor solidez la participación relativa que tiene tanto el fenómeno del cambio en el tipo de lluvias, como la menor capacidad evapotranspirante de los actuales modelos de producción. Las mayores dificultades en la modelación derivan de las muy diferentes estimaciones de ETP de los métodos más conocidos (e. g. Thornwaite, Penmann, etc.), y las diferentes tasas de pérdida de agua que se dan en condiciones fluctuantes de napa, desde evaporación de tanque cuando el suelo está anegado, hasta $ETR=ETP$ con napa dentro de la franja capilar a $ETR<ETP$ con napas a mayor profundidad, todo en un mismo ciclo. No está muy claro tampoco cuál es el aporte que hacen las recargas regionales, y que explicarían en parte también la elevación de los niveles freáticos.

Otra dificultad adicional en la modelación, son los aportes a la napa debidos a escorrentías superficiales de los sectores altos de la cuenca y de las canalizaciones. Diversos mecanismos de retroacción están asociados: la elevación de niveles freáticos incrementan los escurrimientos (por menor capacidad de infiltración), lo cual recarga adicionalmente las napas de los ambientes bajos. No están claros

tampoco aún los efectos de las canalizaciones en la depresión de las napas a nivel regional, ya que lo que frecuentemente producen son transferencias de escorrentías de una cuenca a la vecina, con frecuentes contaminaciones de las aguas canalizadas, por efecto de mezclas de napas de diferente salinidad.

Perspectivas de corto y largo plazo

Las perspectivas futuras de remisión del fenómeno de excesos hídricos dependen del comportamiento del clima, el cual, hasta el momento, es prácticamente impredecible a largo plazo. Por lo tanto las acciones de mitigación del fenómeno a esa escala de tiempo, deberían centrarse en el desarrollo de modelos de producción más eficientes en la evapotranspiración del agua del suelo. La intensificación de las rotaciones, los cultivos de cobertura y de invierno, la inclusión de pasturas y la forestación como estrategia de biodrenaje, son algunas de las medidas que deberían promoverse en los planes de ordenamiento territorial. Sólo para la provincia de Córdoba el fenómeno afecta en el orden de entre 500 y 800.000 ha de tierras clase I, II y III, las que al momento han pasado a ser V o VI, y que de persistir el fenómeno podrían quedar definitivamente (con todo lo relativo del término) con esa aptitud.

Para la coyuntura de distintos modelos empíricos en una dimensión, han sido desarrollados para el análisis de escenarios de corto plazo en la oscilación de las napas. Los modelos más simples consideran sólo tres variables: precipitación, evapotranspiración potencial y porosidad drenable (Cisneros et al., 1997; Degioanni et al., 2006; Videla Mensegue et al., 2015), y describen aceptablemente bien el comportamiento de napas superficiales. Las relaciones obtenidas entre mm de lluvia o ETP y mm de elevación/descenso del nivel freático fluctúan entre 3 y 5. Algunos de ellos han sido incorporados en un [sitio interactivo](#), que permite el análisis de escenarios de oscilación de la freática, para el corto plazo. Fue desarrollado inicialmente para las condiciones del Departamento Presidente Roque Sáenz Peña, y es actualizado permanentemente en función de

mejoras en los modelos. Su mayor limitación es la incertidumbre en cuanto a los escenarios climáticos futuros, que son el *input* básico para la simulación de corto plazo.

En base a estos modelos podrían definirse tres escenarios para el próximo ciclo de cosecha gruesa, obviamente asumiendo que el decisor conoce cuál es el nivel freático actual de los principales ambientes de su campo. Asumiendo una condición de año neutro (se hace la salvedad de que este tema será abordado por otro especialista en este encuentro), se estima que aquellos ambientes que tengan la napa por encima de 80 cm, cualquiera sea su salinidad, deberán ser destinados a pastos, ya que el riesgo de anegamiento, tanto en siembra como en cosecha es extremadamente alto. Ambientes con napa entre 80 y 130 cm presentan un riesgo alto para el uso agrícola, en especial en cosecha (otoño 2018); en ellos se recomiendan soja cortas, maíces tardíos o girasol con cosecha de febrero. Si el año finalmente se presenta seco, podrán tener alta productividad. Ambientes con napa entre 130 y 200 cm presentan bajo riesgo de anegamiento en ambos períodos críticos, y serían los más aptos para esquemas de alta producción. Finalmente, para situaciones con napa por debajo de 2 m los riesgos de anegamiento son muy bajos, pero también lo son las posibilidades del cultivo de proveerse de agua de la napa.

El paradigma del Ordenamiento Territorial

La idea de ordenar el territorio para que cumpla mejor sus funciones de producción, regulación, estabilidad y ambiente sano y bello, ha cobrado creciente importancia, en especial en situaciones como la actual. Todos los países desarrollados del mundo la ponen en práctica. Para el caso de excesos hídricos, el ejemplo paradigmático es el de Holanda, país que viene ordenando y planificando su territorio desde hace más de 500 años.

Diversas definiciones de ordenamiento territorial (OT) pueden encontrarse en la literatura: «Búsqueda de la disposición correcta de los asentamientos humanos, las infraestructuras de las actividades

económicas, sociales y culturales; y de las funciones básicas de los ecosistemas, en el espacio-suelo, considerando los criterios que mejor orienten el interés colectivo de la sociedad» (Pereyra, 2013). Esta definición parte de la base de una visión de la sociedad sobre si desea, y qué camino toma para llegar desde un sistema territorial actual a uno deseado, y explícitamente es necesario desarrollar un plan de largo plazo para tender hacia él. Gómez Orea (2007) lo define como la «Función de la administración pública, de carácter integral, orientada a conseguir el desarrollo sustentable de la sociedad mediante la previsión de sistemas territoriales armónicos, funcionales y equilibrados capaces de proporcionar a la población una calidad de vida satisfactoria». En ella se destaca el papel del Estado en la definición de políticas para el OT, como orientador y coordinador de las acciones para conseguir explícitamente los fines sociales, económicos y ambientales del desarrollo sustentable.

Tres etapas básicas son la base de un plan de OT: Diagnóstico, Formulación y Gestión. El diagnóstico es una actividad básica en cualquier proceso de OT y busca establecer las causas que provocaron el estado actual del problema estudiado, su evolución histórica y la estimación del comportamiento futuro (prognosis sin proyecto).

La formulación se refiere a la construcción del plan para lograr el futuro deseado, que resuelve la problemática en cuestión. La metodología general de formulación sugerida es de aproximaciones sucesivas. Involucra esta etapa la fijación de objetivos a lograr con el plan de OT: ambientales, económicos, sociales y la importancia relativa que dan a ellos el conjunto de los decisores. Luego se comienzan a desarrollar las alternativas. En la primera aproximación se diseñan varias alternativas de planes, proyectos o programas y se parametrizan para compararlos y elegir uno de ellos, utilizando para ello las herramientas del análisis multicriterio (e.g. Cisneros, 2010, Cisneros et al., 2011). En esta primera aproximación se agrega valor a la información disponible, a los fines de completar la etapa en plazos relativamente cortos. En la segunda aproximación se desarrolla en detalle la alternativa elegida, considerando que en esta aproximación se desarrolla información y datos primarios para alimentar el diseño

ejecutivo. En esta etapa los decisores son nuevamente partícipes de la selección de la mejor alternativa, en función de sus intereses, valores y grado de importancia que dan a las diferentes dimensiones que busca resolver el plan.

La función de la gestión es la organización del equipo de trabajo para la ejecución del plan. Además desagrega el conjunto de actividades de corto plazo para licitar o ejecutar por administración las obras, el diseño técnico específico, adquirir equipos, contratar consultorías y asignar el presupuesto y todas aquellas acciones establecidas en el plan de acción inmediata (corto plazo). Este plan de acción inmediata constituye la guía para elaborar el plan de gestión (integra resultados, actividades, presupuesto y personal para ejecución) y el plan de seguimiento y evaluación. La gestión es una actividad que requiere evaluación, y eventualmente reformulación de objetivos, por lo que debe entenderse como un ciclo de retroalimentación hacia el logro de los objetivos.

La Conservación de Suelos como eje de un Plan de Ordenamiento Territorial rural

Como decíamos al comienzo, el concepto de conservación de suelos está suficientemente arraigado en la percepción del sector, no tanto el de ordenamiento territorial. Debido a ello se propone ampliar los alcances del término *conservación de suelos* para aproximarlos a la idea de multifuncionalidad de los territorios rurales. La Figura 2 sintetiza estos nuevos desafíos asociados a la conservación de los suelos.

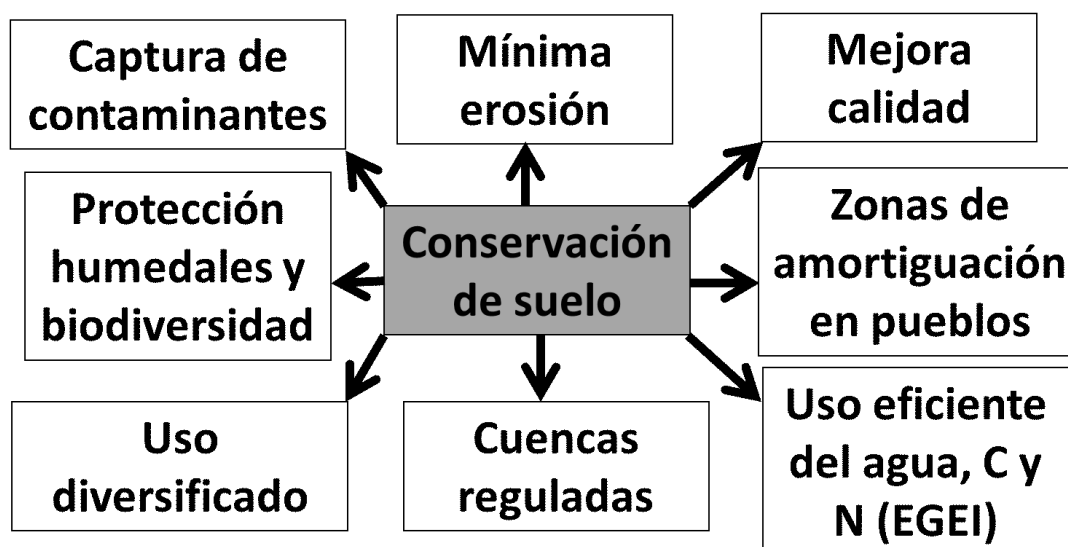


Figura 2. La conservación de suelos y sus nuevos desafíos

Minimizar la erosión en todas sus formas fue el concepto original del término, hoy apoyado por los avances en la modelación de la erosión, y por la aplicación de modelos para la determinación de políticas (e.g. Ley de Conservación de Suelos del Uruguay). Las tecnologías para control de erosión están bien documentadas, aunque su adopción en el país es, llamativamente, muy escasa. Una recopilación actualizada del tema fue publicada por Cisneros et al. (2012).

La mejora o mantenimiento de la calidad de los suelos, dentro de un concepto integral de fertilidad, es un desafío determinante en esta etapa de intensificación agrícola, asociado a la diversificación del uso, con la incorporación de nuevos rubros de producción, y la promoción de los usos ganaderos y forestales. Es necesario repensar tecnologías que complementen y mejoren el funcionamiento de los suelos en la etapa postsiembra directa.

La protección de los humedales pampeanos, con sus funciones de regulación hídrica y mantenimiento de la biodiversidad y la riqueza genética, deberá estar presente en las políticas de control de inundaciones, integrando las soluciones hidráulicas a una visión agrohidrológica, con base en principios ecológicos de manejo.

La función de captura de contaminantes del suelo, en especial de las descargas de nitratos y fosfatos a las aguas, debe integrar técnicas específicas como los cultivos de cobertura, las fajas de protección de riberas y el uso eficiente de los fertilizantes.

Los conflictos urbano-rurales, en especial en pequeñas poblaciones, requieren la consideración de zonas de amortiguación y de regulación de cuencas, que permitan mitigar los efectos negativos de la actividad agropecuaria sobre las poblaciones. La conservación de suelos tradicional, basada en una escala de lote-predio, debe ampliar su consideración hacia la visión de cuenca, como unidad de manejo.

Finalmente, la crisis hídrica por exceso nos impone el desafío de un uso más eficiente del agua por los sistemas de producción, minimizando las pérdidas por escorrentía y por percolación profunda, incorporando masivamente técnicas de sistematización, estrategias para el biodrenaje, esquemas de cultivos con mayores tasas de evapotranspiración, todo lo cual permitirá mejorar la captura de carbono y reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero.

Comentarios finales

A modo de síntesis final, consideramos esencial modificar la percepción de los actores del sistema agropecuario sobre las problemáticas asociadas a la conservación de suelos, el reconocimiento de los problemas generados por el actual esquema, y la consideración de la dimensión ambiental de largo plazo en las decisiones de producción.

Es preciso además avanzar en un marco jurídico adecuado para orientar, estimular o desestimular o castigar las conductas que ponen en riesgo la base del sistema de producción agropecuaria: el suelo. Esto implica también mejorar las capacidades institucionales de los Estados para abordar la problemática

El proceso de ordenar un territorio requiere necesariamente de abordajes integrales entre las diferentes disciplinas que participan en el apoyo a la toma de decisiones: agrónomos, hidráulicos,

economistas, ecólogos, sociólogos, entre otros, deberemos hacer el esfuerzo de compartir nuestros saberes y lograr posiciones lo más consensuadas posible.

Finalmente la instalación en la agenda pública del nuevo paradigma del Ordenamiento Territorial, fue lo que guió el eje central de esta presentación.

Agradecimientos

A FECIC, a la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Río Cuarto, al Ing. Roberto Casas, a los compañeros del equipo: a Alberto, Jorge, Américo, con quienes discutí las ideas centrales de esta presentación y a mi familia: pasado, presente y futuro de mi vida.

Referencias

- Bertram, N. y Chiacchiera S. (2011). Ascenso de napas en la Región Pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra? INTA EEA Marcos Juárez.
- Bozzer, C., Cisneros, J.M., Giayetto, O. (2017). Indicadores de calidad de suelo para el área medanosa cordobesa en rotaciones con y sin cultivo de maní. I. Materia orgánica y II. Fósforo extractable. XXXII Jornada Nacional de Maní. General Cabrera.
- Cantero, G., A., Cantu, M., Cisneros, J.M., Cantero, J.J. Blarasin, M., Degioanni, A., Gonzalez, J., Becerra, V., Gil, H., De Prada, J., Degiovanni, S., Cholaky, C., Villegas, M., Cabrera, A., Eric, C. (1998). Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. Universidad Nacional de Río Cuarto, 119 pags.
- Casas, R. y G. F. Albarracin. (2015). El Deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina 2015. Tomos 1 y 2. PROSA-FECIC
- Casas, R. (2006). Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria 60: 37-61.

- Casas, R. (2015). La erosión del suelo en la Argentina. En Casas, R. y G. F. Albarracin. 2015. El Deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina 2015.
- Cisneros J.M., J.B. Grau, J.M. Antón, J.D. De Prada, A. Cantero, A.J. Degioanni. (2011). Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: A case study in the Pampas, Argentina. *Agricultural Water Management* 98 1545– 1556.
- Cisneros, J. M., J. J. Cantero, A. Cantero G. (1997). Relaciones entre la fluctuación del nivel freático, su salinidad y el balance hídrico, en suelos salino-sódicos del centro de argentina. *Rev. UNRC* 17 (1): 23-35.
- Cisneros, J., Degioanni, A., Diez, A., Bergesio, A., Cantero, A. y González, J. (2013). Inundación, anegamiento y erosión de tierras en sur este de Córdoba. Ciclo octubre 2012- junio 2013. Informe de coyuntura (SECYOT-FAV-UNRC). Disponible en www.secyot.com.ar
- Cisneros, J.M. (2010). Bases para el ordenamiento territorial del sur de Córdoba (Argentina). El caso de la Cuenca de los Arroyos Menores. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. 334 pags. Inédita.
- Cisneros, J.M., C. Cholaky, A. Cantero Gutiérrez, J. González, M. Reynero, A. Diez, L. Bergesio, J. J. Cantero, C. Nuñez, A. Amuchástegui y A. Degioanni. (2012). Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo. UNIRIO Editora. 287 pags.
- Cisneros, J.M., Degioanni, A.J., González, J.G, Cholaky, C.G., Cantero, J.J., , Cantero G., A., Tassile, J.L. (2015). Degradación de suelos en la provincia de Córdoba. En: Casas, R. (Ed.) El deterioro del ambiente en Argentina. PROSA-FECIC. En prensa.
- Degioanni, A., Cisneros, J., Cantero G., A. y H. Videla. (2006). Modelo de simulación del balance hídrico en suelos con freática poco profunda 2006. *Ciencia del Suelo* 24 (1):29-38.
- Geneletti, D. (2007). An approach based on spatial multicriteria anlysis to map the nature conservation value of agricultural land. *Journal of Environmental Management* 83: 228-235.
- Gomez Orea, D. (2007). Ordenación territorial. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, 766 pags.
- Lomas P.L., B. Martín, C. Louis, D. Montoya, C. Montes, S. Álvarez. (2005). Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Serie Monografías N° 1. Publicaciones de la Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez.

- Mercau J. L., Nosetto M. D., Bert F., Giménez R., and Jobbágy E. G. (2016). Shallow groundwater dynamics in the Pampas: Climate, landscape and crop choice effects. *Agric. Water Manage.*, 163: 159-168.
- Navarrete, D.; Gallopin, G.; Blanco, M.; Diaz-Zorita, M.; Ferraro, D.; Herzer, H.; Laterra, P.; Morello, J.; Muráis, M.; Pengue, W.; Piñeiro, M.; Podestá E.; Satorre, E.; Torrent, M.; Torres, F.; Viglizzo, E.; Caputo, M.; Celis, A. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad brechas de conocimiento e integración de políticas. CEPAL. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n° 118. Santiago de Chile.
- Nosetto M. D., Paez R., Ballesteros S. I., Jobbagy E. G. (2015). Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 206, 60-70.
- Pereyra, C.; De Prada, J.D.; Cisneros, J.M., Giayetto, O. (2013). Ordenación territorial en el medio rural. En: Giayetto, O., Plevich, J.O., V. H. Lallana y M. A. Pilatti (Comp.) Bases conceptuales y metodológicas para el ordenamiento territorial en el medio rural 1° ed. – Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Editores UNRC-UNER-UNL-UNR 2013.
- Pezzini, M., Cisneros, J.M. (2010). Encalado en suelos del área manisera: efectos sobre el pH y la saturación con calcio. XXV Jornada Nacional de Maní, General Cabrera, Setiembre de 2010. En Actas.
- Rossing, W.A.H., Zander, P, Josien, E., Groot, J.C.J., Meyer, B.C. and A. Knierim. (2007). Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: A review for France, Germany and The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120: 41-57.
- Videla Mensegue, H., J. Cisneros, A. Degioanni, A. Canale y Muñoz, S. (2015). Escenarios de variación del nivel freático para suelos agrícolas de la región de Marcos Juárez – Campaña 2015-16. . Informe de Actualización Técnica N° 36. EEA INTA Marcos Juárez, Argentina.